

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenl gungsschrift  
10 DE 196 15 311 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 60 T 8/32  
B 60 K 28/16  
B 60 T 8/60

21 Aktenzeichen: 196 15 311.5  
22 Anmeldetag: 18. 4. 96  
43 Offenlegungstag: 23. 10. 97

DE 196 15 311 A 1

71 Anmelder:

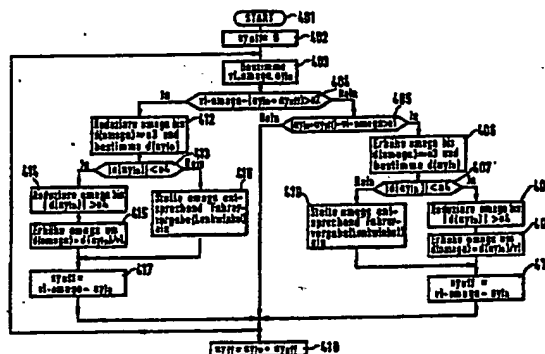
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Zanten, Anton van, Dipl.-Ing. Dr., 71254 Ditzingen, DE; Erhardt, Rainer, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Kost, Friedrich, Dipl.-Ing., 70808 Kornwestheim, DE; Hartman, Uwe, Dipl.-Ing., 70193 Stuttgart, DE; Ehret, Thomas, Dipl.-Ing., 77960 Seelbach, DE; Urban, Werner, Dipl.-Ing., 71685 Vaihingen, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung einer die Fahrzeugbewegung repräsentierenden Bewegungsgröße

57 Vorgeschlagen wird eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zur Regelung einer die Fahrzeugbewegung repräsentierenden Bewegungsgröße, welche Mittel zur Bestimmung der Glerrate des Fahrzeuges, zur Bestimmung der Längsschwindigkeit des Fahrzeuges, zur Bestimmung der Querbesehleunigung des Fahrzeuges. Des weiteren enthält die Vorrichtung Mittel zur Beeinflussung des Vortriebsmomentes und/oder des Bremsmomentes einzelner Räder des Fahrzeuges. Die Vorrichtung enthält weiter Mittel zur Bestimmung einer von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querbesehleunigungskomponente, sowie Mittel zur Korrektur der Querbesehleunigung des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit der von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querbesehleunigungskomponente. Die Bestimmung der von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querbesehleunigungskomponente und auch die Korrektur der Querbesehleunigung des Fahrzeuges wird in einem durch die Glerrate und die Querbesehleunigung beschriebenen stabilen Zustand des Fahrzeuges vorgenommen.



DE 196 15 311 A 1

## Stand der Technik

Systeme zur Regelung des Verhaltens von Kraftfahrzeugen sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt. So kennt man beispielsweise Antiblockierregelungssysteme sowie Antriebsschlupfregelungssysteme, die darauf abzielen, das gewohnte Fahrzeugverhalten weitgehend auch in längsdynamisch kritischen Situationen aufrechtzuerhalten. Desweiteren kennt man auch Regelungssysteme, wie die gesteuerte oder geregelte Allradlenkung, die Fahrwerkregelung oder die Fahrdynamikregelung. Diese Systeme sollen das Fahrzeug so beeinflussen, daß es auch in querdynamisch kritischen Situationen sein gewohntes Fahrverhalten zeigt.

Allen obengenannten Systemen ist gemein, daß im allgemeinen aus Meß- und Schätzgrößen Sollgrößen bestimmt werden. Durch einen Vergleich dieser Sollgrößen mit Istwerten, die beispielsweise mittels Sensoren bestimmt werden, werden Stellgrößen ermittelt. Mit Hilfe dieser Stellgrößen werden sich im Fahrzeug befindliche Aktuatoren angesteuert. Durch den von den Aktuatoren ausgeführten Eingriff wird das Verhalten des Fahrzeuges so beeinflußt, daß sich der Istwert der vorgegebenen Sollgröße annähert.

Für die obengenannten Systeme ist die Querbeschleunigung als Meßgröße von unterschiedlicher Bedeutung. Bei einigen der obengenannten Systeme wird eine vorhandene Querbeschleunigung dergestalt berücksichtigt, daß bei vorhandener Querbeschleunigung in Abhängigkeit ihres Wertes die zur Betätigung der Aktuatoren ermittelten Stellgrößen korrigiert werden.

So zeigt z. B. die DE-OS 34 21 732 ein Antiblockierregelungssystem, mit dem das Fahrverhalten eines Fahrzeuges während eines Bremsvorganges bei einer Kurvenfahrt verbessert wird. Hierzu ist dieses Antiblockierregelungssystem zusätzlich mit einem Querbeschleunigungssensor ausgestattet, dessen Meßwert während des Bremsvorganges mit einem Schwellwert verglichen wird. Bei Überschreiten dieses Schwellwertes durch den Meßwert des Querbeschleunigungssensor wird das Einlaßventil für die Hinterachse so angesteuert, daß wenigstens eine Zeit lang der Bremsdruck in den Radbremszylinder der Hinterachse nur gering bzw. nicht erhöht wird. In diesem Fall behält die Hinterachse nahezu die volle Seitenstabilität, wodurch das Fahrverhalten des Fahrzeuges während des Bremsvorganges bei einer Kurvenfahrt verbessert wird.

Ebenso zeigt die DE-OS 34 21 700 ein Antiblockierregelungssystem, welches mit einem Querbeschleunigungssensor ausgestattet ist. Wie allgemein bekannt, können bei Fahrbahnen mit stark asymmetrischen Reibbeiwerten aufgrund einer durch ein Antiblockierregelungssystem durchgeführten Bremsung erhebliche Giermomente auftreten, da die Räder der Fahrzeugseite mit trockenen Fahrbahn greifen und das Fahrzeug verzögern, die Räder auf der Fahrzeugseite mit der glatten Fahrbahn jedoch nicht. Um in diesem Fall die hohen Giermomente zu vermeiden, wird der Bremsdruck am Rad mit höherem Reibbeiwert in Abhängigkeit vom Bremsdruck am Rad mit niedrigerem Reibbeiwert begrenzt. Allerdings treten dieselben unterschiedlichen Bremskräfte auch bei Kurvenbremsungen auf, bei denen gleichzeitig eine hohe Querbeschleunigung vorliegt. In diesem Fall ist jedoch eine Giermomentenbegrenzung, die zu Beginn der

Abbremsung nicht die optimalen Bremskräfte zuläßt, schädlich. Um die beiden vorgenannten Situationen, zum einen Bremsung in einer Kurve, zum anderen Bremsung auf einer Fahrbahn mit stark asymmetrischen Reibbeiwerten, unterscheiden zu können, wird ein bekanntes Antiblockierregelungssystem mit einem Querbeschleunigungssensor ausgestattet. Der Meßwert des Querbeschleunigungssensors wird mit einer vorgegebenen Querbeschleunigungsschwelle verglichen. Bei Überschreiten der Querbeschleunigungsschwelle, d. h. wird auf Durchfahren einer Kurve erkannt, wird ein weiterer Druckaufbau am Rad mit höherem Reibbeiwert zugelassen. Somit wird die Giermomentenbegrenzung verändert bzw. u. U. teilweise aufgehoben. Durch den eingefügten Querbeschleunigungssensor wird demzufolge zum einen die gewünschte Fahrstabilität bei Kurvenbremsung und zum anderen die gewünschte Verbesserung der Beherrschbarkeit auf asymmetrischen Fahrbahnen erreicht.

Zusätzlich zu den Antiblockierregelungssystemen kann die Querbeschleunigung auch bei Antriebsschlupfsystemen von Bedeutung sein. Die DE-PS 34 17 423 beschreibt eine Vortriebsregelungseinrichtung für ein Fahrzeug, bei der die Reduzierung des Motordrehmomentes in Abhängigkeit einer gemessenen Querbeschleunigung vorgenommen wird. Hierbei wird in Abhängigkeit eines Vergleiches des gemessenen Wertes der Querbeschleunigung mit einem vorgegebenen Wert für die Querbeschleunigung entschieden, ob die Reduzierung des Motordrehmomentes zum einen bereits vorgenommen wird, wenn ein angetriebenes Fahrzeug eine Durchdrehnung zeigt oder zum anderen erst dann, wenn beide angetriebenen Fahrzeugräder Durchdrehnung zeigen.

Wie bereits oben schon erwähnt wird u. a. auch in der Fahrwerkregelung die Querbeschleunigung berücksichtigt. So wird in der DE-OS 41 21 954 ein Verfahren zur Gewinnung der Giergeschwindigkeit und/oder Quergeschwindigkeit beschrieben, welches beispielsweise bei der Fahrwerkregelung zum Einsatz kommt. Zu diesem Zweck werden die Querbeschleunigung und die Lenkwinkel der beiden Achsen mittels Sensoren gemessen. Ausgehend von diesen Meßgrößen wird unter Verwendung eines Zustandsschätzers die Giergeschwindigkeit und die Fahrzeugquergeschwindigkeit geschätzt. Diese Größen können dann im Rahmen einer Fahrwerkregelung weiterverarbeitet werden.

Auch bei Fahrdynamikregelungssystemen ist die Querbeschleunigung von Bedeutung. Ein solches System zeigt beispielsweise die DE-OS 42 43 717. In dieser Schrift wird ein Verfahren zur Regelung der Fahrzeugstabilität beschrieben. Bei diesem Verfahren wird ein Giergeschwindigkeits-Sollwert ermittelt und ein Giergeschwindigkeits-Istwert gemessen. Aus dem Vergleich beider Größen erhält man die Abweichung des Istwerts vom Sollwert. In Abhängigkeit dieser Abweichung werden Bremsdrucksteuerventile dergestalt angesteuert, daß ein zusätzliches Giermoment erzeugt wird, um den Istwert dem Sollwert anzugleichen. Die Schrift zeigt 2 Möglichkeiten, wie man den Giergeschwindigkeits-Sollwert berechnen kann. Zum einen zeigt sie, wie man ausgehend vom Lenkwinkel und der Fahrzeuggeschwindigkeit den Giergeschwindigkeits-Sollwert berechnen kann. Diese Art der Berechnung gilt für den linearen Bereich. Gleichzeitig zeigt die Schrift, daß der Giergeschwindigkeits-Sollwert ebenfalls in Abhängigkeit der Querbeschleunigung und der Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet werden kann. Diese Art der

Berechnung gilt für den nichtlinearen Bereich.

In der in der Automobiltechnischen Zeitschrift (ATZ) 96 (1994) Heft, auf den Seiten 674 bis 689 erschienenen Veröffentlichung "FDR- Die Fahrdynamikregelung von Bosch" wird ebenfalls ein Fahrdynamikregelungssystem beschrieben. Diesem Artikel entnimmt der Fachmann beispielsweise im Bild 5 auf der Seite 677, daß u. a. zur Bestimmung von Schätzgrößen die mittels eines Querschleunigungssensors gemessene Querschleunigung verwendet wird (siehe hierzu Bild 4 auf derselben Seite).

Anhand der oben aufgeführten Beispiele ist erkennbar, daß der Querschleunigung als Meßgröße im Zusammenhang mit der Regelung des Fahrzeugverhaltens eine große Bedeutung zukommt. U.U. führt eine gemessene und mit Fehlern behaftete Querschleunigung zu einem Fehlverhalten der Regelung.

Im Normalfall wird die Querschleunigung mittels eines Querschleunigungssensors gemessen. Diese Messung der Querschleunigung findet in einem Inertialsystem statt. Somit gehen in den Wert der gemessenen Querschleunigung neben den Querkraften, die am Fahrzeug aufgrund der Fahrzeugbewegung angreifen, auch die Kräfte ein, die durch eine quergeneigte Fahrbahn verursacht werden. Dagegen liegen den oben beschriebenen Regelverfahren zur Berechnung von benötigten Größen für gewöhnlich fahrbahn feste Koordinatensysteme zugrunde. Solche fahrbahn festen Koordinatensysteme haben die Eigenschaft, daß in ihnen die Fahrbahn keine Querneigung aufweist, und die darin verwendete Querschleunigung folglich auch keine Anteile aufweist, die durch eine Querneigung der Fahrbahn hervorgerufen werden. Aufgrund dieser Situation — gemessene Querschleunigung in einem Inertialsystem und benötigte Querschleunigung in einem fahrbahn festen Koordinatensystem — würde man einen Fehler machen, wenn man die in dem Inertialsystem gemessene Querschleunigung direkt, ohne Umrechnung in dem fahrbahn festen Koordinatensystem verwenden würde.

In der DE-PS 43 25 413 ist ein Verfahren zur Bestimmung des Fahrverhalten charakterisierender Größen beschrieben, bei dem diese Problematik, Verwendung einer in einem Inertialsystem gemessenen Querschleunigung in einem fahrbahn festen Koordinatensystem, berücksichtigt wird. Ausgangspunkt dieses Verfahrens sind hierfür Bewegungsgleichungen, die die Querbzw. Längsdynamik des Fahrzeugs in der Ebene beschreiben. Diese Bewegungsgleichungen werden durch auf einem Fahrzeugmodell beruhenden Meßgleichungen ergänzt. In diesem Ansatz ist die Querneigung der Fahrbahn als Zustandsgröße berücksichtigt. Somit können die das Fahrverhalten charakterisierenden Größen unter Berücksichtigung der Querneigung der Fahrbahn bestimmt werden. Als Meßgrößen gehen in dieses Verfahren die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, die Längsbeschleunigung des Fahrzeugs, die Querschleunigung des Fahrzeugs, die Gierwinkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs, der Lenkwinkel sowie die Radrehzahlen der einzelnen Räder verwendet. Das Verfahren dient u. a. der Berechnung des Schwimmwinkels.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, bestehende Systeme zur Regelung von der Fahrzeugbewegung repräsentierenden Größen dahingehend zu optimieren, daß bei der Erfassung der Querschleunigung die Querneigung der Fahrbahn berücksichtigt wird. Die ermittelt Querneigung der Fahrbahn kann somit zur Korrektur der im einem Inertialsystem gemessenen und

in einem fahrbahn festen Koordinatensystem verwendeten Querschleunigung herangezogen werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

#### Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie mit dem entsprechenden Verfahren ist eine gute Beherrschbarkeit des Fahrzeuges möglich. Weitere Vorteile ergeben sich auch in Verbindung mit den Unteransprüchen aus der nachfolgenden Zeichnung sowie Beschreibung des Ausführungsbeispiels.

#### Zeichnung

Die Zeichnung besteht aus den Fig. 1 bis 10. In den Fig. 1 bis 5 wird der der Erfindung zugrundeliegende physikalische Sachverhalt aufgezeigt. Anhand von Fig. 6 wird das Konzept des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens zur Bestimmung der Querneigung der Fahrbahn dargestellt. Die Fig. 7 bis 9 zeigen Blockschaltbilder zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Regelungssystems in verschiedenen Detaillierungsgraden. Fig. 10 stellt in einem Flußdiagramm den Ablauf des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens dar. Es sei darauf hingewiesen, daß Blöcke mit derselben Bezeichnung in unterschiedlichen Figuren dieselbe Funktion haben.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung geht von Regelungssystemen aus, mit denen das Fahrzeugverhalten beeinflusst werden kann. Beispielsweise seien hier genannt: Antiblockierregelungssysteme, Antriebsschlupfregelungssysteme, Systeme für die Fahrwerkregelung oder die Fahrdynamikregelung. All diesen Systemen ist gemein, daß die von ihnen vorgenommene Regelung bezüglich eines fahrbahn festen Koordinatensystems abläuft.

Falls bei einem dieser Systeme die Querschleunigung in irgendeiner Art und Weise in die Regelung eingeht, und diese mittels eines Querschleunigungssensors gemessen wird, so kann man aufgrund der Tatsache einen Fehler machen, daß die Querschleunigung mittels eines Querschleunigungssensors in einem Inertialsystem gemessen, die Querschleunigung jedoch in einem fahrbahn festen Koordinatensystem benötigt wird.

Um dies zu verdeutlichen, soll der physikalische Sachverhalt betrachtet werden. Der Querschleunigungssensor mißt im Inertialsystem eine Querschleunigung, die diesen in Fahrzeugquerrichtung angreifenden Kräften proportional ist. Somit geht in diese gemessene Querschleunigung neben den Querkraften, die am Fahrzeug aufgrund der Fahrzeugbewegung angreifen und die für die jeweilige Regelung im fahrbahn festen Koordinatensystem von Bedeutung sind, auch die Hangabtriebskraft ein, die durch die Querneigung der Fahrbahn zustandekommt. Nimmt man keine Korrektur der gemessenen Querschleunigung vor, so führt diese Hangabtriebskraft zu Fehlern in der jeweiligen Regelung. Die Fehler in der jeweiligen Regelung kommen dadurch zustande, daß die im Inertialsystem gemessene Querschleunigung Anteile aufweist, die durch die Hangabtriebskraft zustande kommen, die Fahrbahn im fahrbahn festen Koordinatensystem jedoch keine Querneigung aufweist, und die somit für die Regelung

benötigte Querbesehleunigung keine Anteile aufweisen darf, die durch die Hangabtriebskraft bzw. durch die Querneigung der Fahrbahn zustande kommen. Durch eine Transformation der im Inertialsystem gemessenen Querbesehleunigung in das fahrbahn feste Koordinatensystem kann man erreichen, daß der aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommende Anteil der Querbesehleunigung eliminiert wird.

Zur Veranschaulichung sei hierzu auf die Bilder 1a bzw. 1b der Fig. 1 verwiesen.

In beiden Bildern ist ein Fahrzeug dargestellt, welches eine stationäre Kurvenfahrt auf einer quergeneigten Fahrbahn beschreibt. In Bild 1a ist die Fahrbahn so quergeneigt, daß die dadurch entstehende Mangabtriebskraft  $F_h$  der aufgrund der Kurvenfahrt entstehenden Zentrifugalkraft  $F_z$  entgegengesetzt gerichtet ist. Das heißt, aufgrund der quergeneigten Fahrbahn ist der Wert der Querbesehleunigung, der durch den Querbesehleunigungssensor gemessen wird, im Betrag kleiner als der Wert, der eigentlich aufgrund der Kurvenfahrt zu erwarten wäre.

Fig. 1b zeigt den Fall, daß aufgrund der quergeneigten Fahrbahn die Hangabtriebskraft  $F_h$  und die Zentrifugalkraft  $F_z$  gleichgerichtet sind. In diesem Fall mißt der Querbesehleunigungssensor eine Querbesehleunigung, die im Betrag größer ist als die, die man aufgrund der Kurvenfahrt erwarten würde.

In beiden Fällen ist folglich der mittels des Querbesehleunigungssensors gemessene Wert der Querbesehleunigung durch einen Querbesehleunigungsanteil, der durch die Hangabtriebskraft zustandekommt, verfälscht.

In Fig. 2 ist die stationäre Kurvenfahrt eines Fahrzeuges in einer horizontalen Ebene gezeigt. Bei der stationären Kurvenfahrt in einer horizontalen Ebene tritt am Fahrzeug als einzige Querkraft die Zentrifugalkraft  $F_z$  auf. Durch die Zentrifugalkraft  $F_z$  entsteht die Zentrifugalbesehleunigung, die von der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und dem Kurvenradius  $r$  der Kurve abhängt, die das Fahrzeug durchfährt. Für die Zentrifugalbesehleunigung  $a_z$  gilt beispielsweise:

$$a_z = v_l \cdot v_l / r, \quad (1)$$

die in diesem Fall (Schwimmwinkel = Null) gleichzeitig die Querbesehleunigung  $a_{yin}$  ist.  $a_{yin}$  stellt die in diesem Fall mit einem Querbesehleunigungssensor gemessene Querbesehleunigung dar. Fig. 2 zeigt weiter, daß das Fahrzeug aufgrund der Kurvenfahrt eine Drehbewegung um seine Hochachse mit der Gierrate  $\omega$  ausführt. Die Gierrate  $\omega$  läßt sich in diesem Fall, wie die nachfolgende Gleichung zeigt, durch die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und der Kurvenradius  $r$  beschreiben:

$$\omega = v_l / r \quad (2)$$

Bei einer stationären Kurvenfahrt in einer horizontalen Ebene besteht zwischen der Querbesehleunigung  $a_{yin}$  in diesem Fall die Zentrifugalbesehleunigung  $a_z$ , und der Gierrate  $\omega$  allgemein ein linearer Zusammenhang. Dieser kann beispielsweise aus den obigen Gleichungen (1) und (2) hergeleitet werden:

$$a_{yin} = a_z = v_l \cdot \omega \quad (3)$$

Dieser Zusammenhang ist in Fig. 3 dargestellt. Die im Schaubild eingezeichnete Gerade unterteilt die Ebene

in zwei Bereiche, die mit "schieben" bzw. "schleudern" bezeichnet sind. Im Bereich "schieben" liegt in stabiles Verhalten des Fahrzeuges vor. Im Bereich "schleudern" liegt dagegen ein instabiles Verhalten des Fahrzeuges vor. Durch Erfassung der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , der Querbesehleunigung  $a_{yin}$  und der Gierrate  $\omega$  erhält man einen beliebigen Punkt in dieser Ebene, der das Verhalten des Fahrzeuges beschreibt. Punkte in der Teilebene "schieben" sind dadurch gekennzeichnet, daß die Gierrate  $\omega$  kleiner ist, als man aufgrund der Werte der Querbesehleunigung  $a_{yin}$  und der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  erwarten dürfte. Folglich liegt in der Teilebene "schieben" ein untersteuerndes Verhalten des Fahrzeuges vor. Im Teilbereich "schleudern" dagegen ein übersteuerndes Verhalten des Fahrzeuges.

Beschreibt das Fahrzeug eine stationäre Kurvenfahrt auf einer quergeneigten Fahrbahn, so treten zum einen die Zentrifugalbesehleunigung  $a_z$  und zum anderen eine Querbesehleunigungskomponente  $a_{yoff}$ , die aufgrund der quergeneigten Fahrbahn zustandekommt, auf. Die Querbesehleunigungskomponente  $a_{yoff}$  wird durch die Gravitationskonstante  $g$  und den Querneigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn beschrieben. Für die Querbesehleunigungskomponente gilt beispielsweise der Zusammenhang

$$a_{yoff} = g \cdot \sin(\alpha). \quad (4)$$

In dem in Bild 1a dargestellten Fall mißt der Querbesehleunigungssensor eine Querbesehleunigung  $a_{yin}$ , die sich aus der Zentrifugalbesehleunigung  $a_z$  und einer aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommenden Querbesehleunigungskomponente  $a_{yoff}$  wie folgt zusammensetzt:

$$\begin{aligned} a_{yin} &= a_z - a_{yoff} \\ &= a_z - g \cdot \sin(\alpha), \text{ mit } \alpha > 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Hierbei gilt für die Zentrifugalbesehleunigung  $a_z$  der in Gleichung (1) genannte Zusammenhang. Wie man sieht, ist aufgrund des positiven Querneigungswinkels der Fahrbahn die mittels des Querbesehleunigungssensors gemessene Querbesehleunigung  $a_{yin}$  um den Beitrag  $a_{yoff}$ , der durch die Hangabtriebskraft zustandekommt, verringert.

Die für den Fall, der in Bild 1b dargestellt ist, mittels des Querbesehleunigungssensors gemessene Querbesehleunigung  $a_{yin}$ , wird ebenfalls durch Gleichung (4) beschrieben. Allerdings ist in diesem Fall der Querneigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn negativ. Somit ist die gemessene Querbesehleunigung  $a_{yin}$  um den Anteil  $a_{yoff}$  der durch die Hangabtriebskraft zustandekommt, angehoben.

Der durch Gleichung (4) beschriebene Sachverhalt ist in dem Schaubild in Fig. 4 dargestellt. Die Situation, stationäre Kurvenfahrt in einer horizontalen Ebene, die in Fig. 2 dargestellt ist, ist ebenfalls im Schaubild der Fig. 4 enthalten ( $\alpha = 0$ ).

Das Schaubild zeigt, daß die Querbesehleunigung  $a_{yin}$ , die mit dem Querbesehleunigungssensor gemessen wird, aus der Querbesehleunigung  $a_z$ , die bei einer entsprechenden stationären Kurvenfahrt in einer horizontalen Ebene vorliegen würde, dadurch hervorgeht, daß

sie um den Anteil der Querb beschleunigung  $ay_{off}$ , der durch die quergeneigte Fahrbahn zustandekommt, verschoben wird. Da die Querb beschleunigung, die für Regelungen, die bezüglich eines fahrbahnfesten Koordinatensystems ablaufen, eingesetzt wird, darf die Querb beschleunigung keine Anteile enthalten, die aufgrund einer quergeneigten Fahrbahn zustande kommen. Anschaulich bedeutet dies ausgehend von Fig. 4: Die gemessene Querb beschleunigung  $ay_{in}$  muß um den Anteil, der durch die quergeneigte Fahrbahn zustandekommt, zurückverschoben werden, so daß sie auf der Geraden mit  $\alpha = 0$  zu liegen kommt.

Die Korrektur der mit dem Querb beschleunigungssensor gemessenen Querb beschleunigung  $ay_{in}$  kann nur vorgenommen werden, wenn sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet (Teilbereich "schieben"). Dies bedeutet für die Korrektur der mit dem Querb beschleunigungssensor gemessenen Querb beschleunigung  $ay_{in}$ , daß zunächst festgestellt werden muß, ob sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet oder nicht. Bei Vorliegen eines stabilen Zustandes kann dann der Anteil  $ay_{off}$  der Querb beschleunigung bestimmt werden, der durch die quergeneigte Fahrbahn zustandekommt.

Die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querb beschleunigung  $ay_{ff}$  läßt sich aus der mit dem Querb beschleunigungssensor gemessenen Querb beschleunigung  $ay_{in}$  und der Querb beschleunigungskomponente  $ay_{off}$  darstellen:

$$ay_{ff} = ay_{in} + g \cdot \sin(\alpha) \quad (6)$$

Um die durch den Querb beschleunigungssensor im Inertialsystem gemessene Querb beschleunigung  $ay_{in}$  korrigieren zu können, muß die Querneigung  $\alpha$  der Fahrbahn und somit der durch sie verursachte Anteil

$$ay_{off} = g \cdot \sin(\alpha) \quad (7)$$

der Querb beschleunigung mittels einer Erkennung bestimmt werden.

Um die Querneigung der Fahrbahn bzw. den durch sie verursachten Anteil  $ay_{off}$  der Querb beschleunigung bestimmen zu können, muß, wie bereits erwähnt, gewährleistet sein, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet. Folglich muß vor einer möglichen Korrektur der Querb beschleunigung zunächst untersucht werden, ob sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet.

Das Kriterium, anhand dessen unterschieden werden kann, ob sich das Fahrzeug in einem stabilen oder in einem instabilen Zustand befindet, soll zunächst anhand der Fig. 4 und daran anschließend anhand der Fig. 5 erläutert werden.

In Fig. 4 ist der Einfluß der quergeneigten Fahrbahn auf die mit dem Querb beschleunigungssensor gemessene Querb beschleunigung  $ay_{in}$  dargestellt. Wie Fig. 4 zeigt, wird aufgrund der quergeneigten Fahrbahn die Gerade für die Querb beschleunigung verschoben. Somit kann in Abhängigkeit der erfaßten Werte für die Querb beschleunigung  $ay_{in}$ , die Gierrate  $\omega$  und die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  nicht mehr eindeutig festgestellt werden, ob sich das Fahrzeug in einem stabilen ("schieben") oder in einem instabilen Zustand ("schleudern") befindet.

Anhand von Fig. 5 wird eine Möglichkeit aufgezeigt, mit deren Hilfe bestimmt werden kann, in welchem Zustand sich das Fahrzeug befindet. Hierbei wird folgende Eigenschaft genutzt: Wenn sich ein Fahrzeug in einem

instabilen Zustand befindet (das Fahrzeug "schleudert", bzw. übersteuert), dann reichen im Normalfall die Reifenquerkräfte für eine Aufrechterhaltung der Spurführung entsprechend des Fahrerwunsches nicht mehr aus.

Dabei wird als Fahrerwunsch die Gierrate angesehen, die sich aufgrund der vom Fahrer vorgegebenen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und des Lenkwinkels  $\delta$  einstellen müßte. Die Reifenquerkräfte ändern sich bei steigendem Schräglaufwinkel der Räder kaum noch. Dies bedeutet, daß die gemessene Querb beschleunigung  $ay_{in}$  annähernd konstant und somit fast unabhängig von der Gierrate  $\omega$  ist. Drückt man diesen Sachverhalt mathematisch aus, so bedeutet dies, daß das Differential, welches in Abhängigkeit der Gierratenänderung  $d(\omega)$  und der Querb beschleunigungsänderung  $d(ay_{in})$  gebildet wird, gleich Null ist:

$$d(ay_{in})/d(\omega) = 0 \quad (8)$$

Diese Situation ist in Fig. 5 durch den Punkt A gekennzeichnet.

Wenn sich dagegen das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet (das Fahrzeug "schiebt", bzw. untersteuert), dann sind die Reifenquerkräfte für eine Spurführung entsprechend der als Fahrerwunsch vorgegebenen Gierrate des Fahrzeuges ausreichend. Folglich kann die Gierrate  $\omega$  entsprechend einer Fahrervorgabe erhöht werden. Mathematisch ausgedrückt bedeutet dies, daß das oben beschriebene Differential ungleich Null ist:

$$d(ay_{in})/d(\omega) \neq 0 \quad (9)$$

Diese Situation ist in Fig. 5 durch den Punkt B gekennzeichnet.

Demzufolge eignet sich das Differential  $d(ay_{in})/d(\omega)$  zur Bestimmung des Fahrzeugverhaltens bzgl. der Zustände "schleudern" (instabiles Verhalten des Fahrzeuges) bzw. "schieben" (stabiles Verhalten des Fahrzeuges).

Für die Bestimmung des Fahrzeugverhaltens bzgl. der beiden Zustände gibt es mehrere Möglichkeiten, von denen einige nachfolgend beispielhaft genannt werden. Die Beschränkung auf diese genannten Möglichkeiten soll allerdings keine Einschränkung des Erfindungsgedankens darstellen.

Eine erste Möglichkeit ist, in gewissen zeitlichen Abständen jeweils einen kurzen aktiven, d. h. vom Ablauf der Regelung unabhängigen Eingriff durch das Regelungssystem durchführen zu lassen. Anhand des Fahrzeugverhaltens als Antwort auf diesen aktiven Eingriff kann dann das Differential  $d(ay_{in})/d(\omega)$  und somit das vorliegende Verhalten des Fahrzeuges bestimmt werden.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, Eingriffe des Regelungssystems, die im Zusammenhang mit der Regelung vorgenommen werden, dazu zu nutzen, aus dem darauf folgenden Fahrzeugverhalten das Differential  $d(ay_{in})/d(\omega)$  zu bestimmen.

Als dritte Möglichkeit bietet sich an, ausgehend von einem, aufgrund des Fahrverhaltens des Fahrzeuges unmittelbar bevorstehenden Regelungseingriffes, einen davon unabhängigen aktiven Eingriff des Regelungssystems vorzunehmen und aufgrund des dadurch erhaltenen Fahrzeugverhaltens das Differential  $d(ay_{in})/d(\omega)$  zu bestimmen.

Anhand der Fig. 6 wird im folgenden beschrieben, wie mit Hilfe des Differentials  $d(ay_{in})/d(\omega)$  die Erken-

nung bzgl. des Fahrzeugverhaltens ablaufen kann. Hierbei wird zugrunde gelegt, daß die Erkennung beispielsweise nach der oben beschriebenen ersten Möglichkeit erfolgt. Dies soll jedoch keine Einschränkung darstellen.

Da die Fahrbahnquerneigung unbekannt ist, wird bei der Erkennung des Fahrzeugverhaltens zunächst davon ausgegangen, daß diese Null ist. Aus diesem Grund wird zunächst die Querbeschleunigungskomponente, die aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommt zu Null gesetzt:

$$ayoff = g \cdot \sin(\alpha) = 0 \quad (10)$$

In einem ersten Beispiel wird angenommen, daß durch die Bestimmung der Größen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , Querbeschleunigung  $ayin$  und Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges das Fahrzeugverhalten durch den im Schaubild der Fig. 6 enthaltenen Punkt A beschrieben wird. Folglich geht das Regelungssystem in diesem Fall davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand befindet ("schleudern"). Hierbei hat das Differential  $d(ayin)/d(\omega)$  den Wert Null. Dieser Zustand ist dadurch gekennzeichnet, daß die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges für die vorliegende Fahrsituation zu groß ist. Deshalb nimmt das Regelungssystem einen ersten Eingriff vor, durch den die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges zunächst um einen kleinen Betrag reduziert wird. Gleichzeitig überwacht es die Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$ .

Nun gibt es zwei Möglichkeiten, für die Situation, die nach dem ersten Eingriff vorliegen kann: Zum einen kann der Fall vorliegen, daß trotz der vorgenommenen Veränderung der Gierrate  $\omega$  keine Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$  eingetreten ist (Punkt A2). Dies ist gleichbedeutend damit, daß das Differential  $d(ayin)/d(\omega)$  trotz des ersten Eingriffes unverändert gleich Null geblieben ist. Wird dies festgestellt, so liegt tatsächlich ein instabiler Fahrzeugzustand vor, das Fahrzeug "schleudert". Um das Fahrzeug von diesem instabilen Zustand in einen stabilen Zustand zu überführen, in dem der Anteil der Querbeschleunigung  $ayoff$ , der aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommt, bestimmt werden kann, müssen wie in Fig. 6 angedeutet, u. U. eine beliebige Anzahl weiterer Eingriffe durch das Regelungssystem vorgenommen werden. Nach Ausführung dieser weiteren Eingriffe wird aufgrund der Größen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , Querbeschleunigung  $ayin$  und Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges der Punkt A definiert. Bis zum Erreichen dieses Punktes soll trotz der Änderung der Gierrate  $\omega$  keine Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$  erfolgt sein. Durch den nächstfolgenden Eingriff des Regelungssystems tritt eine Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$  ein (Punkt A(n+1)). Die auftretende Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$  bewirkt, daß das Differential  $d(ayin)/d(\omega)$  einen von Null verschiedenen Wert annimmt, was gleichbedeutend damit ist, daß das Fahrzeug mit Erreichen des Punktes A in einen stabilen Zustand erreicht hat. Das Regelungssystem nimmt einen weiteren Eingriff dergestalt vor, daß die Auswirkung des letzten Eingriffes rückgängig gemacht wird. Somit befindet sich das Fahrzeug wieder in dem Zustand, der durch den Punkt A beschrieben ist. Ausgehend von den in diesem Punkt vorliegenden Werten für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges und die Querbeschleunigung  $ayin$  kann nun der Anteil

$$ayoff = g \cdot \sin(\alpha) = v_l \cdot \omega - ayin \quad (11)$$

der Querbeschleunigung berechnet werden, der aufgrund der quergeneigten Fahrbahn zustandekommt. Mit diesem Wert  $ayoff$  und der durch den Querbeschleunigungssensor gemessenen Querbeschleunigung  $ayin$  kann die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querbeschleunigung  $ayff$  ermittelt werden.

$$ayff = ayin + ayoff. \quad (12)$$

In diesem ersten Fall befindet sich das Fahrzeug zu Beginn tatsächlich in einem instabilen Zustand, was auch aufgrund der Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Querbeschleunigung  $ayin$  und die Gierrate  $\omega$  im Punkt A angenommen wurde.

Zum anderen kann der Fall vorliegen, daß sich als Auswirkung auf den ersten Eingriff des Regelungssystems die Querbeschleunigung  $ayin$  ändert (Punkt A1). Wenn dies auftritt, kann bereits nach dem ersten Eingriff des Regelungssystems der Anteil  $ayoff$  der Querbeschleunigung bestimmt werden. Dazu führt das Regelungssystem ebenfalls, wie oben bei der ersten Möglichkeit beschrieben, zunächst einen weiteren Eingriff durch, so daß das Fahrzeug wieder den Zustand einnimmt, der durch den Punkt A beschrieben wird. Ausgehend von den bei diesem Zustand bestimmten Werten für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  und die Querbeschleunigung  $ayin$  wird der Anteil  $ayoff$  der Querbeschleunigung bestimmt. Bei der zweiten Möglichkeit liegt folglich der Fall vor, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet, obwohl aufgrund der vorliegenden ersten Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  und die Querbeschleunigung  $ayin$  im Punkt A angenommen wurde, daß es sich in einem instabilen Zustand befinden würde.

In einem zweiten Beispiel wird angenommen, daß durch die Bestimmung der Größen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , Querbeschleunigung  $ayin$  und Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges der im Schaubild der Fig. 6 enthaltene Punkt B vorliegt. In diesem Fall geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet. Solch ein Zustand ist dadurch gekennzeichnet, daß die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges für die vorliegende Fahrsituation zu klein ist. Dies entspricht einem untersteuernden Verhalten des Fahrzeuges. Da die Gierrate  $\omega$  zu klein ist nimmt das Regelungssystem einen ersten Eingriff vor, durch den diese zunächst um einen kleinen Betrag erhöht wird. Gleichzeitig überwacht es die Änderung der Querbeschleunigung durch Messung.

Auch hier müssen wieder analog zum ersten Beispiel zwei Fälle unterschieden werden: Zum einen kann der Fall vorliegen, daß aufgrund des ersten Eingriffes des Regelungssystems eine Änderung der Querbeschleunigung  $ayin$  auftritt (Punkt B1). Wenn dies der Fall ist, kann bereits nach dem ersten Eingriff des Regelungssystems der Anteil  $ayoff$  der Querbeschleunigung bestimmt werden. Um dies tun zu können führt das Regelungssystem, wie bereits oben im ersten Beispiel beschrieben, zunächst einen weiteren Eingriff durch, so daß das Fahrzeug wieder den Zustand einnimmt, der durch den Punkt B beschrieben wird. Ausgehend von den in diesem Zustand vorliegenden Werten für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  und die Querbeschleunigung  $ayin$  wird der Anteil  $ayoff$  der Querbeschleunigung bestimmt. In diesem insgesamt



dritten Fall befindet sich das Fahrzeug zu Beginn tatsächlich in einem stabilen Zustand, was auch aufgrund der Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Querbeschleunigung  $a_{yin}$  und die Gierrate  $\omega$  im Punkt B angenommen wurde.

Zum anderen kann der Fall vorliegen, daß trotz des ersten Eingriffes durch das Regelungssystem und der damit verbundenen Änderung der Gierrate  $\omega$  keine Änderung der Querbeschleunigung  $a_{yin}$  eingetreten ist (Punkt B2). Dies bedeutet, daß das Differential  $d(a_{yin}/d(\omega))$  trotz des ersten Eingriffes unverändert gleich Null geblieben ist. Wird dies festgestellt, so liegt tatsächlich ein instabiler Fahrzeugzustand vor. Um das Fahrzeug in einen stabilen Zustand zu überführen, in dem der Anteil der Querbeschleunigung  $a_{yoff}$  bestimmt werden kann, müssen wie in Fig. 6 angedeutet, u. U. eine beliebige Anzahl weiterer Eingriffe durch das Regelungssystem vorgenommen werden. Nach deren Ausführung wird aufgrund der Größen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , Querbeschleunigung  $a_{yin}$  und Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges der Punkt B $_n$  beschrieben. Bis zum Erreichen dieses Punktes sei trotz der Änderung der Gierrate  $\omega$  keine Änderung der Querbeschleunigung  $a_{yin}$  erfolgt. Durch den nächstfolgenden Eingriff des Regelungssystems ergibt sich eine Änderung der Querbeschleunigung  $a_{yin}$  (Punkt B $_{n+1}$ ). Die auftretende Änderung der Querbeschleunigung  $a_{yin}$  bewirkt, daß das Differential  $d(a_{yin})/d(\omega)$  einen von Null verschiedenen Wert annimmt. Dies bedeutet, daß das Fahrzeug mit Erreichen des Punktes B $_n$  einen stabilen Zustand erreicht hat. Das Regelungssystem nimmt einen weiteren Eingriff vor, durch den das Fahrzeug wieder in den Zustand gebracht wird, der durch den Punkt B $_n$  beschrieben wird. Gemäß Gleichung (11) kann nun der Anteil  $a_{yoff}$  berechnet werden. Ausgehend von diesem Wert  $a_{yoff}$  und der durch den Querbeschleunigungssensor gemessenen Querbeschleunigung  $a_{yin}$  kann nach Gleichung (12) die Querbeschleunigung, die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigt wird berechnet werden.

In diesem insgesamt vierten Fall befindet sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand obwohl aufgrund der Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , der Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges und der Querbeschleunigung  $a_{yin}$  im Punkt B ein stabiler Zustand des Fahrzeuges angenommen wurde.

Zusätzlich entnimmt man dem Schaubild in Fig. 6, daß um die Gerade, die die Beziehung  $a_{yin} = v_l \cdot \omega$  erfüllt, ein Toleranzband gelegt ist. Dieses Toleranzband kann wie im dargestellten Fall unsymmetrisch um die Gerade gelegt sein. Beispielsweise kann es nach "oben" hin einen durch den Wert  $e_1$  beschriebenen Abstand und nach "unten" hin einen durch den Wert  $e_2$  beschriebenen Abstand aufweisen. Wird aufgrund der Erfassung der Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Querbeschleunigung  $a_{yin}$  und die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges festgestellt, daß sich das Fahrzeug in einem Zustand befindet, der innerhalb des Toleranzbandes liegt, so wird vom Regelungssystem kein aktiver Eingriff ausgeführt, da in diesem Fall davon ausgegangen wird, daß sich zum einen das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet und daß zum anderen die Querneigung der Fahrbahn unverändert geblieben sein dürfte. In der Beschreibung zu der Fig. 10 wird auf dieses Toleranzband noch ausführlich eingegangen.

Ausgehend von den bisherigen Überlegungen, die hauptsächlich anhand der Fig. 6 angestellt wurden, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 7 ein Rege-

lungssystem beschrieben, welches Mittel enthält, mit deren Hilfe die Querneigung  $\alpha$  der Fahrbahn und somit die durch sie zustandekommende Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  bestimmt werden kann. Dabei wird beispielsweise davon ausgegangen, daß es sich bei diesem Regelungssystem um ein System zur Regelung der Fahrdynamik des Fahrzeuges handelt. Dies soll jedoch keine Beschränkung des Einsatzes der erfindungsgemäßen Idee in einem anderen System zur Regelung des Verhaltens von Kraftfahrzeugen darstellen.

Wie in Fig. 7 dargestellt, enthält das Regelungssystem einen Block 101. Diesem Block 101 werden verschiedene, erfaßte Signale zugeführt. Eines dieser Signale ist die mit Hilfe des Sensors 102 erfaßte Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges um seine Hochachse. Der Sensor 102 kann beispielsweise als ein einzelner Drehratensensor zur Erfassung der Gierrate oder als eine Kombination zweier an unterschiedlichen Orten des Fahrzeuges angebrachter Querbeschleunigungssensoren aufgebaut sein. Als ein weiteres Signal wird dem Block 101 die mit Hilfe des Sensors 103 erfaßte Querbeschleunigung  $a_{yin}$  zugeführt. Ein weiteres Signal, welches dem Block 101 zugeführt wird, ist der mittels des Lenkwinkelsensors 106 gemessene Lenkwinkel  $\delta$ . Mit den Raddrehzahlensensoren 104*j* werden die Raddrehzahlen  $N_{ij}$  der einzelnen Räder erfaßt. Der Index  $i$  gibt hierbei an, ob sich der jeweilige Sensor an der Hinterachse oder an der Vorderachse des Fahrzeuges befindet. Gleichzeitig wird angezeigt, auf welche Seite der beiden Achsen sich die jeweilige Größe bezieht. Der Index  $j$  zeigt die Zuordnung zu der linken oder rechten Fahrzeugseite an. Dies gilt auch für die Aktuatoren 107*j*. Die erfaßten Raddrehzahlen werden zum einen direkt dem Block 101 zugeführt. Zum anderen werden sie einem Block 105 zugeführt. Mit Hilfe des Blockes 105 wird in bekannter Weise ausgehend von den Signalen  $N_{ij}$  die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  bestimmt. Diese wird ebenfalls dem Block 101 zugeführt.

Mit Hilfe des Blockes 101 werden in bekannter Weise die Ansteuersignale  $A_{ij}$  bzw.  $A_{mot}$  erzeugt. Hierzu sei beispielsweise auf die in der Automobiltechnischen Zeitschrift erschienene Veröffentlichung "FDR-Die Fahrdynamikregelung von Bosch" verwiesen. Durch die Ansteuersignale  $A_{ij}$  werden die Aktuatoren 107*j* angesteuert. Mit diesen Aktuatoren können beispielsweise radselektiv die Bremskräfte einzelner Räder beeinflusst werden. Das Ansteuersignal  $A_{mot}$  wird dem Block 108 zugeführt. In Abhängigkeit des Ansteuersignals  $A_{mot}$  wird in bekannter Weise, beispielsweise Beeinflussung der Drosselklappenstellung oder des Zündzeitpunktes, die vom Motor erzeugte Antriebskraft beeinflusst.

Die Funktion des Blockes 101 wird in Fig. 8 ausführlicher beschrieben. Wie Fig. 8 zeigt besteht der Block 101 aus zwei Blöcken 201 und 202. Dem Block 201 werden die bereits im Zusammenhang mit der Fig. 7 beschriebenen Signale Gierrate  $\omega$ , mittels Sensor gemessene Querbeschleunigung  $a_{yin}$  und Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  zugeführt. Ausgehend von diesen drei Signalen wird in dem Block 201 die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querbeschleunigung  $a_{yff}$  ermittelt. Diese Querbeschleunigung  $a_{yff}$  sowie der Gierrate  $\omega$ , die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und der Lenkwinkel  $\delta$  werden dem Block 202 zugeführt. Dieser Block 202 bildet in bekannter Weise aus diesen Signalen die Ansteuersignale  $A_{ij}$  bzw.  $A_{mot}$ . Hierbei sei auf den Artikel "FDR-Die Fahrdynamik von Bosch" in der Automobiltechnischen Zeitschrift verwiesen.

Ausgehend von Fig. 9 wird der Aufbau des Blockes

201 näher beschrieben. Der Block 201 besteht aus zwei Blöcken 301 und 302. Dem Block 301 werden die bereits oben erwähnten Signale der Gierrate  $\omega$ , der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und der Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{yq}$  zugeführt. Ausgehend von diesen drei Signalen bildet der Block 301 die durch die Querneigung der Fahrbahn zustandekommende Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$ . Diese wird dem Block 302 zugeführt. Zusätzlich wird dem Block 302 das Signal der Querbeschleunigung  $a_{yq}$  zugeführt. In Abhängigkeit der Signale  $a_{yq}$  und  $a_{yoff}$  bildet der Block 302 die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querbeschleunigung  $a_{yff}$ . Diese wird dem Block 202 zugeführt.

Mit dem Flußdiagramm in Fig. 10 soll das im Block 201 ablaufende Verfahren zur Bestimmung der Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  bzw. der im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigten Querbeschleunigung  $a_{yff}$  näher beschrieben werden. Dazu sei vorab bemerkt, daß zum einen in diesem Flußdiagramm der Zeitverzug zwischen einer Änderung der Gierrate  $\omega$  aufgrund eines Eingriffes des Regelungssystems und der damit eventuell verbundenen Änderung der Querbeschleunigung  $a_{yq}$  vernachlässigt wird. Zusätzlich wird bei diesem Ausführungsbeispiel ein Toleranzband um die durch  $\alpha = 0$  definierte Kurve (siehe Figur) gelegt. Dieses Toleranzband muß nicht symmetrisch um die Kurve angelegt sein. Das Toleranzband wird durch die beiden Schwellwerte  $e_1$  bzw.  $e_2$  realisiert.

Beginnend mit Drehen des Zündschlüssels bei Fahrtbeginn startet das Verfahren zur Bestimmung der durch Querneigung der Fahrbahn zustandekommenden Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  mit dem Schritt 401. In diesem Schritt werden eventuell notwendige Initialisierungen vorgenommen. Da zu Fahrtbeginn noch keine Information bzgl. der Querneigung der Fahrbahn vorliegt, wird in einem weiteren Schritt 402 der Wert für die Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  zu Null gesetzt. Der Schritt 402 wird nur direkt nach betätigen des Zündschlüssels ausgeführt. Sobald die Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  das erste Mal bestimmt ist, beginnt das Verfahren nicht mehr mit Schritt 402 sondern mit Schritt 403. In diesem Schritt 403 werden die Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die mit einem Querbeschleunigungssensor gemessene Querbeschleunigung  $a_{yq}$  und die Gierrate des Fahrzeuges eingelesen.

In dem darauf folgenden Schritt 404 wird die Differenz aus dem Wert der Querbeschleunigung, der ausgehend von dem erfaßten Wert der Gierrate  $\omega$ , dem erfaßten Wert der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und dem zuletzt ermittelten Wert der Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  berechnet wurde und dem Wert  $a_{yq}$  der mit dem Querbeschleunigungssensor gemessenen Querbeschleunigung gebildet. Diese dabei entstehende Differenz wird mit einem Schwellwert  $e_2$  verglichen. Durch diese Abfrage wird ausgehend von dem Zustand des Fahrzeuges, der durch die erfaßten Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Querbeschleunigung  $a_{yq}$  und die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges beschrieben wird, festgestellt, ob sich das Fahrzeug in einem Zustand unterhalb des Toleranzbandes befindet oder nicht. Ist die Differenz kleiner als der Schwellwert  $e_2$ , so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug entweder in einem stabilen Zustand oder in einem Zustand befindet, der innerhalb des Toleranzbandes liegt. Als nächster Schritt wird der Schritt 405 ausgeführt. Ist dagegen die Differenz größer als der Schwellwert  $e_2$ , so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem instabilen

Zustand befindet, und als nächster Schritt wird der Schritt 412 ausgeführt.

Nach einem im Schritt 404 durchgeführten ersten Vergleich der mit einem Querbeschleunigungssensor gemessenen Querbeschleunigung  $a_{yq}$  mit einer aus den erfaßten Werten für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  und der Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  berechneten, wird im Schritt 405 ein weiterer Vergleich durchgeführt. Hierzu wird die Differenz aus dem Wert  $a_{yq}$  der mit dem Querbeschleunigungssensor gemessenen Querbeschleunigung und dem Wert der Querbeschleunigung, der ausgehend von dem erfaßten Wert der Gierrate  $\omega$ , dem erfaßten Wert der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$  und dem zuletzt ermittelten Wert der Querbeschleunigungskomponente  $a_{yoff}$  berechnet wurde, gebildet. Diese Differenz wird mit dem Schwellwert  $e_1$  verglichen. Durch diese Abfrage wird somit entsprechend dem Vorgehen in Schritt 404 festgestellt, ob sich das Fahrzeug in diesem Fall in einem Zustand oberhalb des Toleranzbandes befindet oder nicht. Ist die Differenz größer als der Schwellwert  $e_1$ , so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet, und führt als nächsten Schritt den Schritt 406 aus. Ist dagegen die Differenz kleiner als der Schwellwert  $e_2$ , so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem Zustand innerhalb des Toleranzbandes befindet. Dies bedeutet, daß sich zum einen das Fahrzeug in einem Zustand befindet, der als stabil betrachtet werden kann, und daß sich zum anderen die Querneigung der Fahrbahn kaum geändert hat. Somit wird das Verfahren zum einen mit Schritt 403 fortgesetzt und zum anderen im Schritt 418 die für das fahrbahnfesteste Koordinatensystem benötigte Querbeschleunigung  $a_{yff}$  ermittelt und ausgegeben.

Wurde im Schritt 405 festgestellt, daß die dort gebildete Differenz größer als der Schwellwert  $e_1$  ist, so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet. Deshalb wird im Schritt 406 die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges solange erhöht, bis ihre Änderung  $d(\omega)$  ungefähr den Schwellwert  $e_3$  erreicht hat, um somit kleinere Störungen ausblenden zu können. Die Erhöhung der Gierrate  $\omega$  kann dabei beispielsweise in einem Schritt oder in mehreren Teilschritten erfolgen. Nach Erreichen des Schwellwertes  $e_3$  durch die Änderung  $d(\omega)$  der Gierrate, wird die Änderung  $d(a_{yq})$  der Querbeschleunigung bestimmt.

In einem nächsten Schritt 407 wird der Betrag der im Schritt 406 ermittelten Änderung  $d(a_{yq})$  der Querbeschleunigung mit einem Schwellwert  $e_4$  verglichen. Wenn der Betrag der Änderung  $d(a_{yq})$  der Querbeschleunigung kleiner als der Schwellwert  $e_4$  ist, dann ist das Differential  $d(a_{yq})/d(\omega)$  beinahe Null. Das Regelungssystem erkennt dadurch, daß sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand befindet, obwohl es aufgrund der Entscheidungsergebnisse in den Schritten 404 und 405 davon ausgegangen ist, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet. Als nächstes wird der Schritt 408 ausgeführt. Wenn dagegen der Betrag der Änderung  $d(a_{yq})$  der Querbeschleunigung größer als der Schwellwert  $e_4$  ist, was gleichbedeutend damit ist, daß das  $d(a_{yq})/d(\omega)$  deutlich von Null verschieden ist, so erkennt das Regelungssystem, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet. Somit wird als nächstes der Schritt 410 ausgeführt.

Wurde im Schritt 407 festgestellt, daß die Änderung  $d(a_{yq})$  der Querbeschleunigung kleiner als der Schwell-

wert  $e_4$  ist, so befindet sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand. In einem Schritt 408 wird deshalb durch Eingriffe des Regelungssystems die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges solange reduziert, bis festgestellt wird, daß der Betrag der Änderung der Querschleunigung  $d(a_{y\dot{y}})$  größer als der Schwellwert  $e_4$  ist. Sobald der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung größer als der Schwellwert  $e_4$  ist, ist das Differential  $d(a_{y\dot{y}})/d(\omega)$  deutlich von Null verschieden, das Fahrzeug befindet sich in einem stabilen Zustand. Als nächster Schritt wird der Schritt 409 ausgeführt.

Im Schritt 409 wird die im Schritt 408 zuletzt vorgenommene Reduzierung des Gierrates durch einen entsprechenden Eingriff des Regelungssystems wieder rückgängig gemacht. Dadurch wird das Fahrzeug wieder in den Zustand gebracht, bei dem es sich gerade noch stabil verhält. Als nächstes folgt der Schritt 411.

Wurde im Schritt 407 festgestellt, daß der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung größer als der Schwellwert  $e_4$  ist, so befindet sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand. Im Schritt 410 wird demzufolge die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit des vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkels  $\delta$  eingestellt. Danach wird als nächstes der Schritt 411 ausgeführt.

Im Schritt 411 wird, da sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet, die Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$ , die aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommt bestimmt. Die Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$  wird in Abhängigkeit der im stabilen Zustand erfaßten Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges und die Querschleunigung  $a_{y\dot{y}}$  bestimmt. Nach der Bestimmung der Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$  wird das Verfahren zum einen mit Schritt 403 fortgesetzt. Zum anderen wird ausgehend von der in Schritt 411 bestimmten Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$  in Schritt 418 die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querschleunigung  $a_{y\ddot{y}}$  ermittelt.

Wurde im Schritt 404 festgestellt, daß die dort gebildete Differenz größer als der Schwellwert  $e_2$  ist, so geht das Regelungssystem davon aus, daß sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand befindet. Folglich wird in einem Block 412 die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges solange reduziert, bis ihre Änderung  $d(\omega)$  ungefähr den Schwellwert  $e_3$  erreicht hat. Die Reduzierung der Gierrate  $\omega$  kann dabei beispielsweise in einem Schritt oder in mehreren Teilschritten erfolgen. Nach Erreichen des Schwellwertes  $e_3$  durch die Änderung  $d(\omega)$  der Gierrate, wird die Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung bestimmt.

In einem weiteren Schritt wird in einem Schritt 413, gemäß dem Vorgehen in dem Block 407, der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung mit einem Schwellwert  $e_4$  verglichen. Ist der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung kleiner als der Schwellwert  $e_4$ , dann wird dadurch die Annahme des Regelungssystems, das Fahrzeug befindet sich in einem instabilen Zustand bestätigt. Als nächstes wird der Schritt 414 ausgeführt. Ist dagegen der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung größer als der Schwellwert  $e_4$ , so erkennt das Regelungssystem, daß sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand befindet, obwohl es aufgrund des Entscheidungsergebnisses im Schritt 404 davon ausgegangen ist, daß sich das Fahrzeug in einem instabilen Zustand befindet. Somit wird als nächstes der Schritt 416 ausgeführt.

Wurde im Schritt 413 festgestellt, daß die Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung kleiner als der Schwellwert  $e_4$  ist, so befindet sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand. Das Vorgehen im Schritt 414 entspricht dem im Schritt 408. Als nächster Schritt wird der Schritt 415 ausgeführt.

In dem nach Schritt 414 folgenden Schritt 415 wird ebenfalls analog zum Vorgehen im Schritt 409 eine Korrektur des zuletzt im Schritt 414 getätigten Eingriffes vorgenommen.

Wurde im Schritt 413 festgestellt, daß der Betrag der Änderung  $d(a_{y\dot{y}})$  der Querschleunigung größer als der Schwellwert  $e_4$  ist, so befindet sich das Fahrzeug in einem stabilen Zustand. Im Schritt 416 wird demzufolge die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit des vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkels  $\delta$  eingestellt. Danach wird als nächstes der Schritt 417 ausgeführt.

Im Schritt 417 wird analog zum Vorgehen in Schritt 411 die Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$ , die aufgrund der Querneigung der Fahrbahn zustandekommt, bestimmt. Nach der Bestimmung der Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$  wird das Verfahren zum einen mit Schritt 403 fortgesetzt. Zum anderen wird ausgehend von der in Schritt 417 bestimmten Querschleunigungskomponente  $a_{y\dot{y}}$  in Schritt 418 die im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigte Querschleunigung  $a_{y\ddot{y}}$  ermittelt.

Dadurch, daß nach beiden Schritten 411 bzw. 417 jeweils wieder zu Schritt 403 zurückgeführt wird, läuft das Verfahren kontinuierlich ab. Ausgehend von der im Schritt 418 berechneten, im fahrbahnfesten Koordinatensystem benötigten Querschleunigung  $a_{y\ddot{y}}$ , wird diese somit ständig für die weitere Verarbeitung in anderen Teilen des Regelungssystems aktualisiert bereitgestellt.

Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn beispielsweise eine Filterung der erfaßten Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Querschleunigung  $a_{y\dot{y}}$  und die Gierrate  $\omega$  durchgeführt werden würden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung einer der Fahrzeugbewegung repräsentierenden Bewegungsgröße, welche Mittel zur Bestimmung der Gierrate des Fahrzeuges, zur Bestimmung der Längsgeschwindigkeit des Fahrzeuges, zur Bestimmung der Querschleunigung des Fahrzeuges, zur Beeinflussung des Vortriebsmomentes und/oder des Bremsmomentes einzelner Räder des Fahrzeuges enthält, wobei die Vorrichtung weitere Mittel zur Bestimmung einer von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querschleunigungskomponente, sowie Mittel zur Korrektur der Querschleunigung des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit der von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querschleunigungskomponente enthält, und wobei die Bestimmung der von der Fahrbahnquerneigung abhängigen Querschleunigungskomponente, sowie die Korrektur der Querschleunigung des Fahrzeuges in einem wenigstens durch die Gierrate und die Querschleunigung beschriebenen stabilen Zustand des Fahrzeuges vorgenommen wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beschreibung des stabilen Zustandes des Fahrzeuges wenigstens die Änderung

der Querb beschleunigung in Abhängigkeit einer Änderung der Gierrate  $h$  rangezogen wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Querneigung der Fahrbahn abhängige Querb beschleunigungskomponente  $ay_{off}$  wenigstens in Abhängigkeit der in einem stabilen Zustand des Fahrzeuges erfaßten Werten für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_l$ , die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges und der Querb beschleunigung  $ay_{in}$  gemäß der Beziehung  $ay_{off} = v_l \cdot \omega$  —  $ay_{in}$  ermittelt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierrate  $\omega$  des Fahrzeuges mittels eines Gierratensensors oder zweier an unterschiedlichen Orten im Fahrzeug angebrachter Querb beschleunigungssensoren erfaßt wird, daß die Querb beschleunigung  $ay_{in}$  mittels eines Querb beschleunigungssensors erfaßt wird, daß der Lenkwinkel  $\delta$  mittels eines Lenkwinkelsensors erfaßt wird und daß die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der mittels Raddrehzahlsensoren erfaßten Raddrehzahlen bestimmt wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur der Querb beschleunigung in Abhängigkeit eines Vergleiches des Ausdruckes  $v_l \cdot \omega - (ay_{in} + ay_{off})$  mit einem ersten Schwellwert  $e_2$  bzw. in Abhängigkeit eines Vergleiches des Ausdruckes  $(ay_{in} + ay_{off}) - v_l \cdot \omega$  mit einem zweiten Schwellwert  $e_1$  erfolgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur der Querb beschleunigung wenigstens in Abhängigkeit einer mit einem Schwellwert  $e_3$  verglichenen Änderung der Gierrate bzw. in Abhängigkeit einer mit einem Schwellwert  $e_4$  verglichenen Änderung der Querb beschleunigung erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die korrigierte Querb beschleunigung in Abhängigkeit wenigstens der mit einem Querb beschleunigungssensor erfaßten Querb beschleunigung und der von der Querneigung der Fahrbahn abhängigen Querb beschleunigungskomponente gemäß der Beziehung  $ay_{ff} = ay_{in} + ay_{off}$  gebildet wird.

8. Verfahren zur Regelung einer die Fahrzeugbewegung repräsentierenden Bewegungsgröße, welches folgende Schritte umfaßt:

— Erfassung von Werten der Gierrate des Fahrzeuges, der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und der Querb beschleunigung des Fahrzeuges,

— Ermittlung eines stabilen Zustandes des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit der Querb beschleunigung bzw. der Gierrate des Fahrzeuges,

— Ermittlung einer von der Querneigung der Fahrbahn abhängigen Querb beschleunigungskomponente wenigstens in Abhängigkeit der erfaßten Werte für die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, der Gierrate des Fahrzeuges und der Querb beschleunigung,

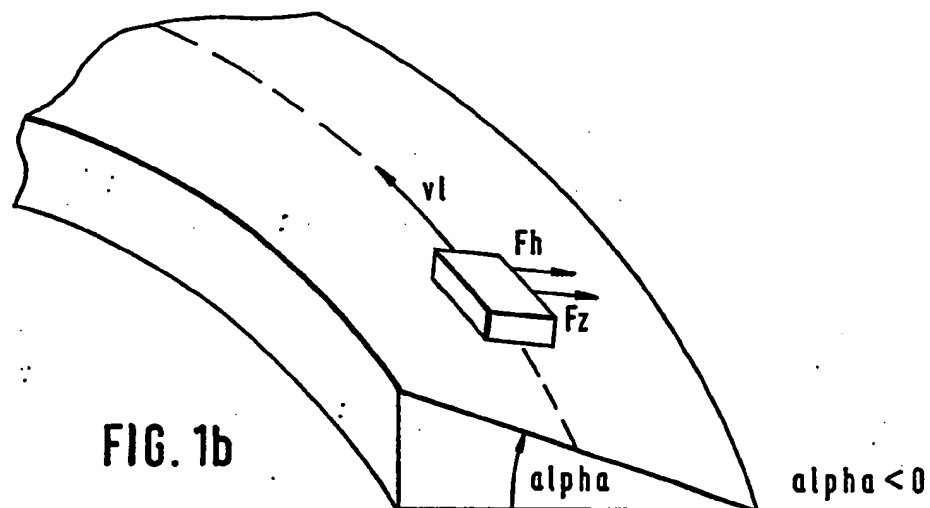
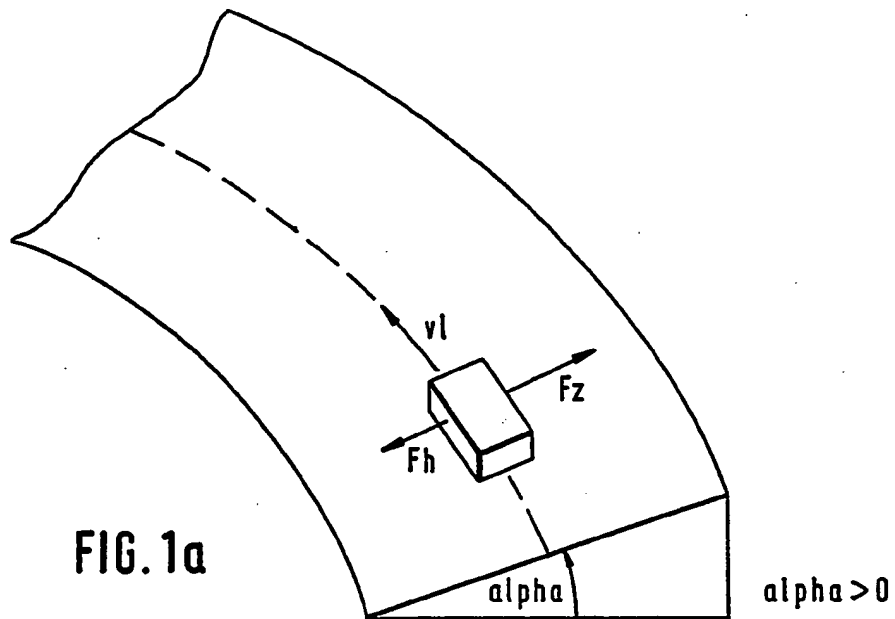
— Ermittlung einer korrigierten Querb beschleunigung wenigstens in Abhängigkeit der mit einem Querb beschleunigungssensor gemessenen Querb beschleunigung und der von der Querneigung der Fahrbahn abhängigen Querb beschleunigungskomponente (Korrekturkomponente).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

daß zu Beginn des Verfahrens die von der Querneigung der Fahrbahn abhängige Querb beschleunigungskomponente (Korrekturkomponente) auf einen kleinen, vorzugsweise nah Null liegenden Wert gesetzt wird.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnung n

- Leerseite -



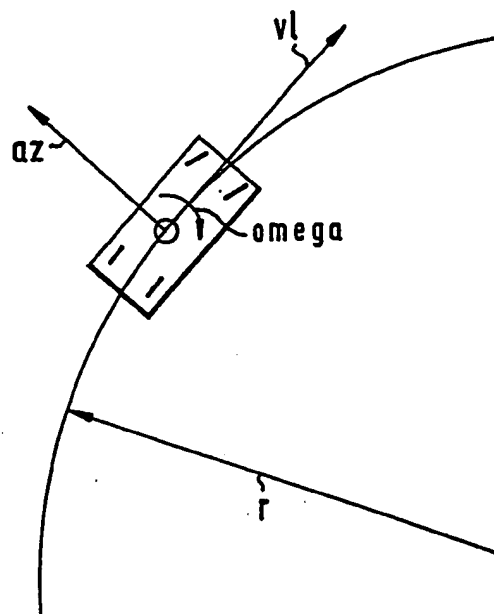


FIG. 2

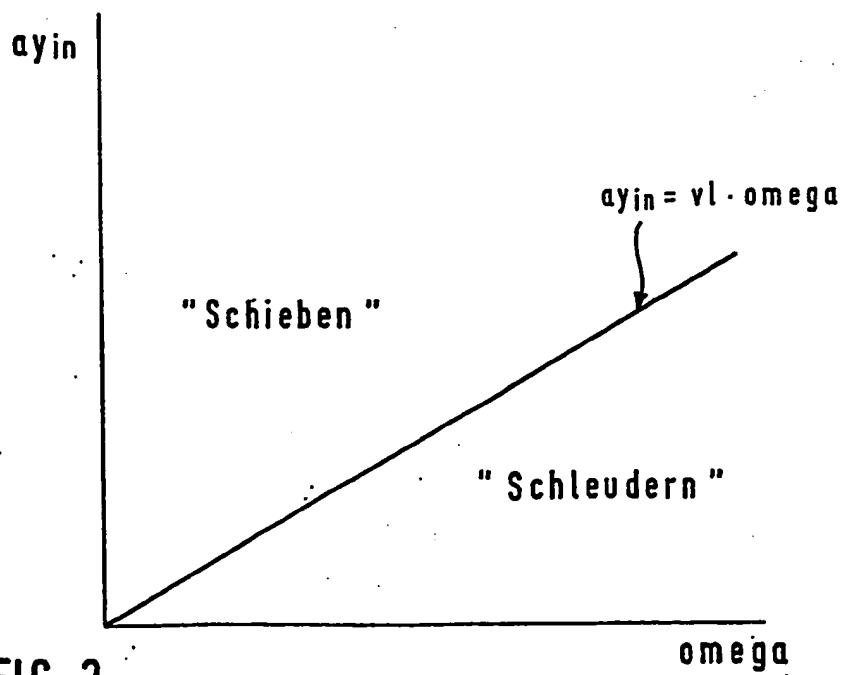
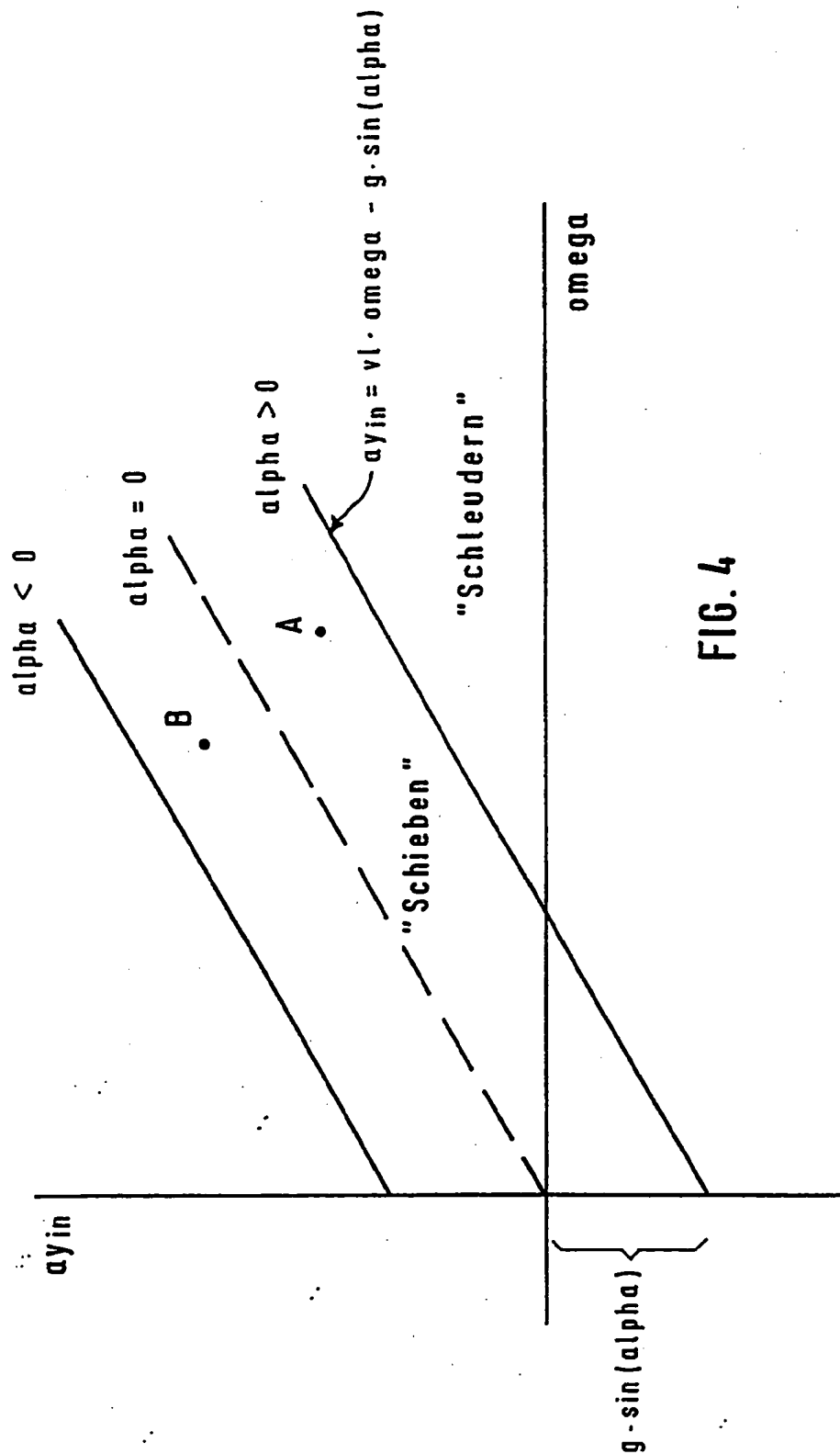
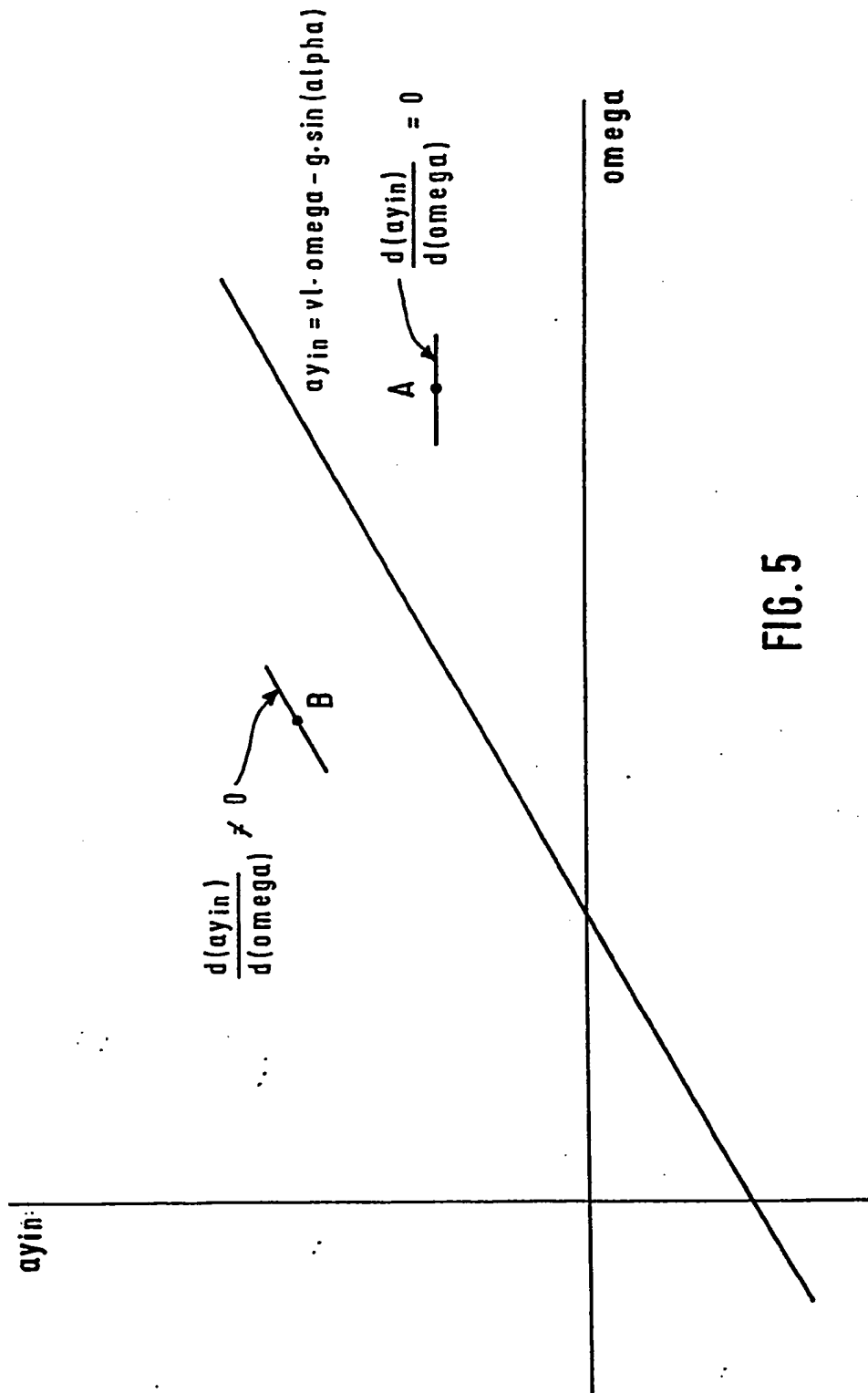


FIG. 3







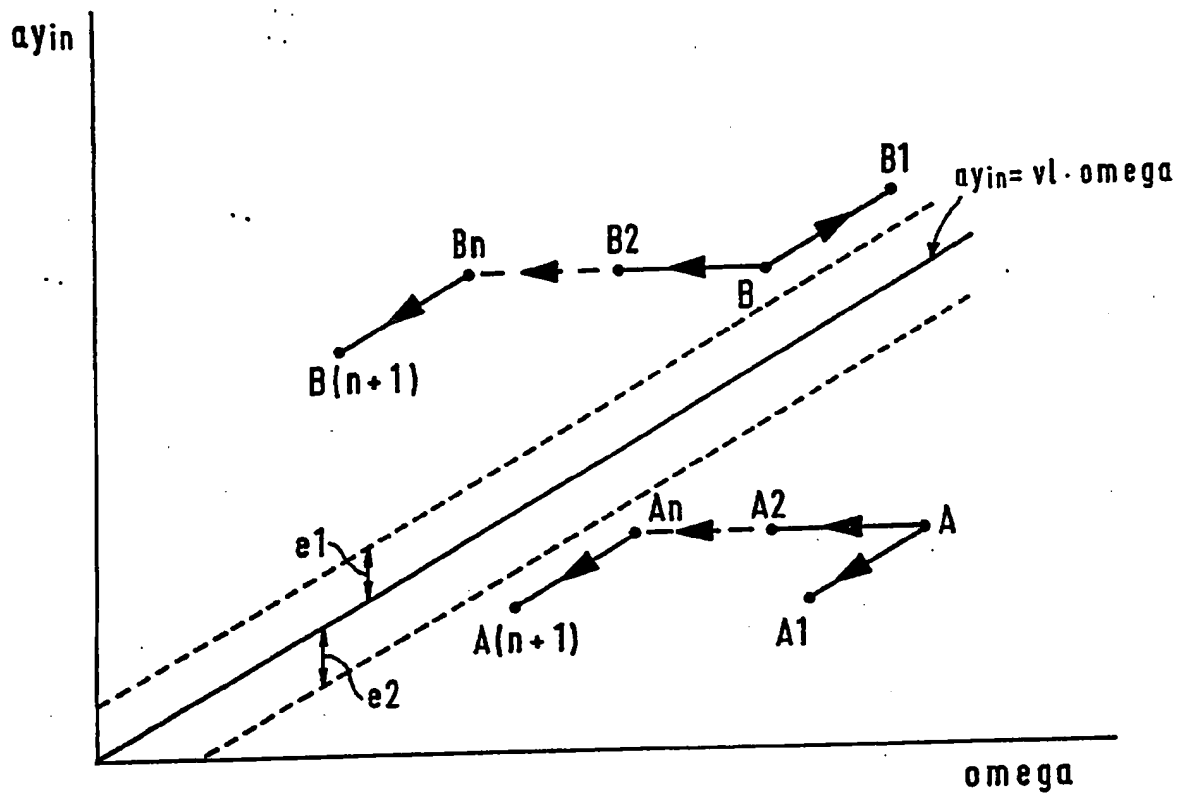


FIG. 6

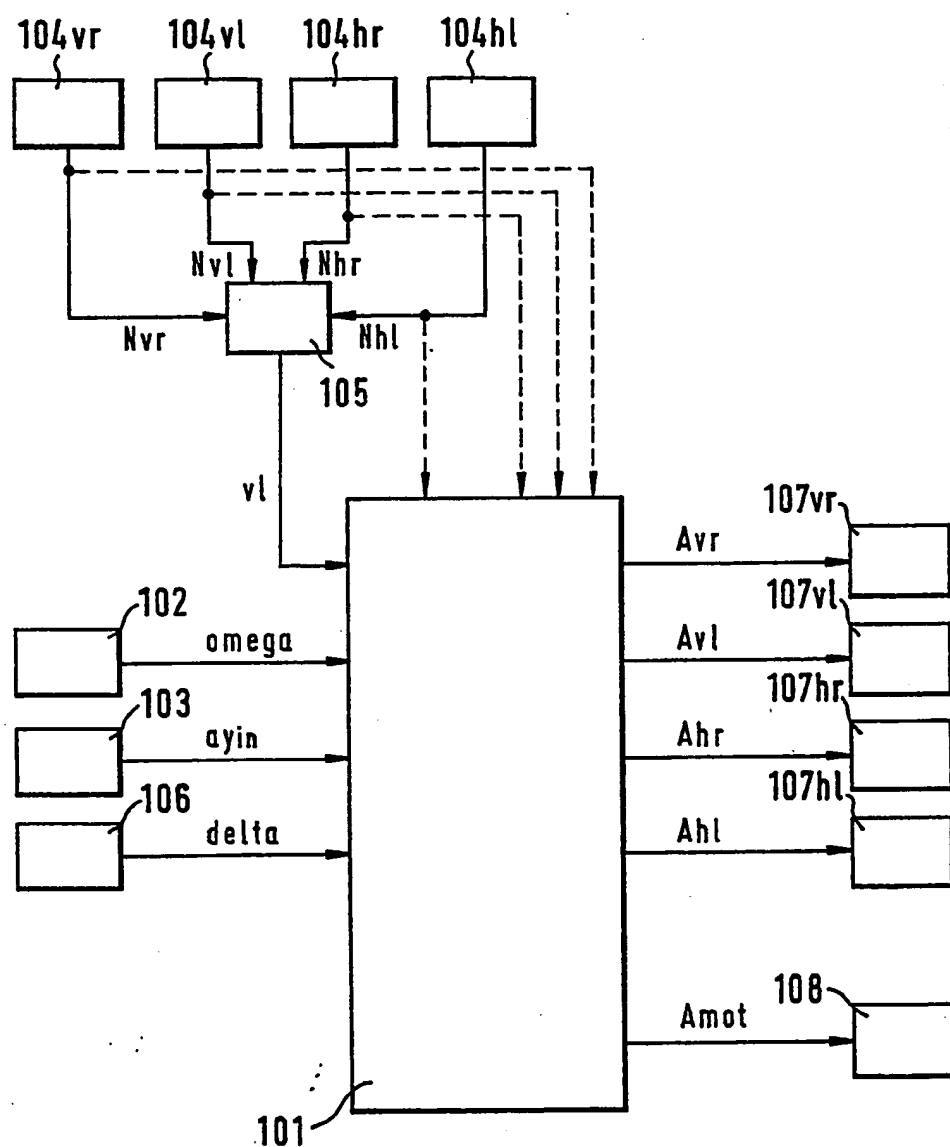


FIG. 7

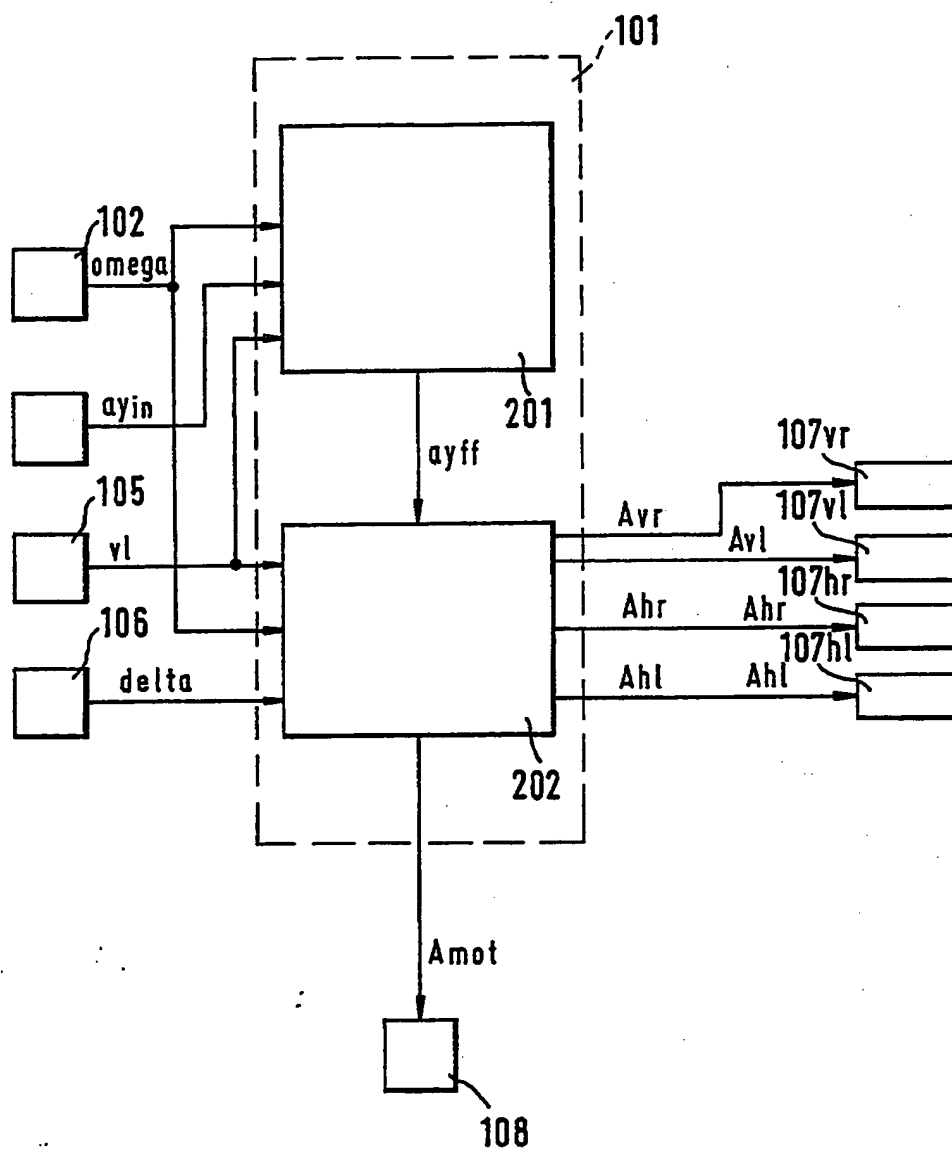


FIG. 8

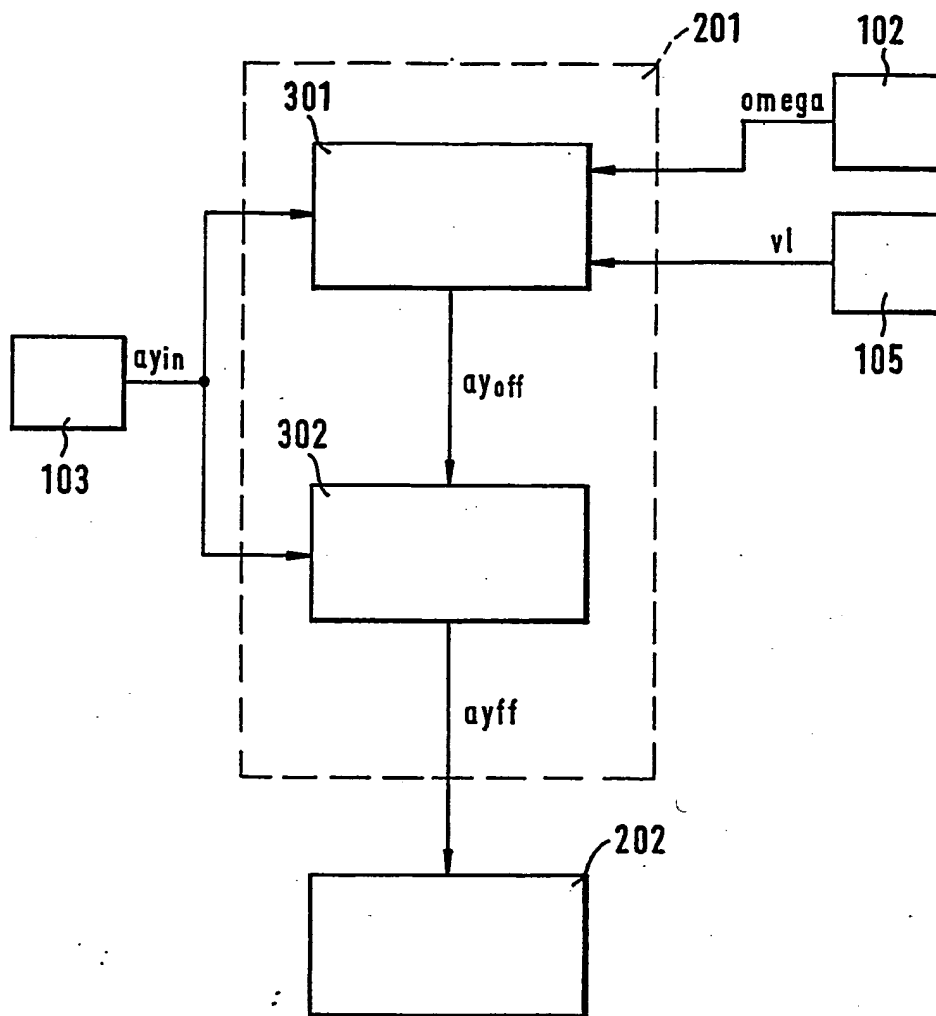


FIG. 9

FIG. 10

